

УДК

## БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР ЧАСТИЦ ДЛЯ СЛЕПОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РСМА СИГНАЛОВ

ФЕНГ Х., ГАО Й.

Сычуаньский университет,  
Китай, Чэнду, 610065, Сычуань

**Аннотация.** В статье предложен усовершенствованный алгоритм быстродействующего параллельного фильтра частиц (particle filter) для слепого разделения РСМА-сигналов путем использования характеристик параллелизма фильтра частиц с помощью кластерной компьютерной системы, построенной с использованием распределенного вычислительного сервера пакета Matlab и набора инструментальных средств для параллельных вычислений пакета Matlab. Результаты моделирования показывают, что параллельный алгоритм способен быстро и эффективно производить слепое разделение РСМА-сигналов. Кроме того, он значительно сокращает время разделения без снижения эффективности работы алгоритма и улучшает работу системы в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** РСМА; совместный доступ к полосе парой несущих; слепое разделение; параллельный фильтр частиц

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Совместный доступ к полосе парой несущих РСМА (paired carrier multiple access) — это вид системы спутниковой связи, предложенный Марком в 1998 году [1]. Особенность этой системы, позволяющая осуществлять связь на обеих сторонах с той же частотой сигнала в то же время, приводит к удвоению коэффициента использования полосы и повышает способность системы избегать помех. В случае автономной (без приемоответчика) связи или в случае радиотехнической разведки, в результате влияния многих факторов третья сторона часто не имеет априорной информации о каком-либо сигнале. Информация может быть получена только в виде смешанного сигнала, из которого необходимо восстановить дуплексный (двухсторонний) символ, содержащийся в этом сигнале, либо передаваемую информацию. Как таковой, это вопрос для системы с одноканаль-

ным слепым разделением источников информации [2].

Одноканальное слепое разделение источников имеет много неизвестных переменных, и обычно не может быть решено математически. Однако сигналы связи имеют ограниченные символьные характеристики, и могут быть точно описаны путем использования символов и параметров. Если указанные характерные особенности использовать в полной мере, это позволит улучшить одноканальное выделение РСМА-сигнала.

В последние годы исследователи разработали несколько специальных алгоритмов для одноканального слепого разделения источников смешанных сигналов одинаковой частоты [3–7]. Среди них следует назвать фильтр частиц (particle filter) [8], представляющий собой мощное инструментальное средство для нелинейной и негауссовой оценки состояния. Ука-

DOI: [10.20535/S0021347016100058](https://doi.org/10.20535/S0021347016100058)

© Фенг Х., Гао Й., 2016

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Dankberg M.* Paired carrier multiple access (PCMA) for satellite communication / Mark Dankberg // Communications Satellite Systems : 17th AIAA Int. Conf. and Exh. ICSSC, Jan. 1998, Honolulu, Hawaii :

proc. — 1998. — P. 787–791. — DOI : [10.2514/6.1998-1398](https://doi.org/10.2514/6.1998-1398).

2. Warner E. S. Single-channel blind signal separation of filtered MPSK signals / E. S. Warner, I. K. Proudler // IEE Proc. Radar, Sonar and Navigation. — Dec. 2003. — Vol. 150, No. 6. — P. 396–402. — DOI : [10.1049/ip-rsn:20031007](https://doi.org/10.1049/ip-rsn:20031007).

3. Heidari S. Co-channel interference mitigation in the time-scale domain: the CIMTS algorithm / S. Heidari, C. L. Nikias // IEEE Trans. Signal Process. — Sept. 1996. — Vol. 44, No. 9. — P. 2151–2162. — DOI : [10.1109/78.536673](https://doi.org/10.1109/78.536673).

4. Liu K. Single-channel blind separation of co-frequency MPSK signals / K. Liu, H. Li, X. Dai, X. Xu // Commun., Internet, and Inf. Technology : Int. Conf., Nov. 2006, St. Thomas, USVI, USA : proc. — 2006. — P. 42–46.

5. Particle filtering based single-channel blind separation of co-frequency MPSK signals / Tu Shilong, Cheng Shaohe, Zheng Hui, Wan Jian // Intelligent Signal Processing and Communication Systems : Int. Symp. ISPACS, 28 Nov.–1 Dec. 2007, Xiamen, China : proc. — IEEE, 2007. — P. 582–585. — DOI : [10.1109/ispacs.2007.4445954](https://doi.org/10.1109/ispacs.2007.4445954).

6. Shilong T. Single-channel blind separation of two QPSK signals using per-survivor processing / Tu Shilong, Zheng Hui, Gu Na // Circuits and Systems : IEEE Asia Pacific Conf. APCCAS, 30 Nov.–3 Dec. 2008, Macao, China : proc. — IEEE, 2008. — P. 473–476. — DOI : [10.1109/apccas.2008.4746063](https://doi.org/10.1109/apccas.2008.4746063).

7. Guo Y. Single-mixture source separation using dimensionality reduction of ensemble empirical mode decomposition and independent component analysis / Yian Guo, Shuhua Huang, Yongtang Li // Circuits, Syst.

Signal Process. — Dec. 2012. — Vol. 31, No. 6. — P. 2047–2060. — DOI : [10.1007/s00034-012-9414-1](https://doi.org/10.1007/s00034-012-9414-1).

8. A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-Gaussian Bayesian tracking / M. S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, T. Clapp // IEEE Trans. Signal Process. — Feb. 2002. — Vol. 50, No. 2. — P. 174–188. — DOI : [10.1109/78.978374](https://doi.org/10.1109/78.978374).

9. Novel algorithm of interference time delay estimation in PCMA system / Shao-He Chen, Jian Wan, Shi-Long Tu, Hui Zheng // J. System Simulation. — Nov. 2008. — Vol. 20, No. 21. — P. 5774–5777. — URL : [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-XTFZ200821012.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-XTFZ200821012.htm).

10. A sequential Monte Carlo method for blind signal separation using the difference of time delays / Shao-He Chen, Shi-Long Tu, Jian Wan, Hui Zheng // TENCON : IEEE Region 10 Conf., 30 Oct.–2 Nov. 2007, Taipei, Taiwan, China : proc. — IEEE, 2007. — P. 1–4. — DOI : [10.1109/TENCON.2007.4428845](https://doi.org/10.1109/TENCON.2007.4428845).

11. Marshall A. W. The use of multi-stage sampling schemes in Monte Carlo computations / Andy W. Marshall // Monte Carlo Methods : Symp., Jun. 1954, University of Florida : proc. — 1954. — P. 123–140.

12. Doucet A. On sequential Monte Carlo sampling methods for Bayesian filtering / Arnaud Doucet, Simon Godsill, Christophe Andrieu // Statistics Comput. — Jul. 2000. — Vol. 10, No. 3. — P. 197–208. — DOI : [10.1023/A:1008935410038](https://doi.org/10.1023/A:1008935410038).

13. Gordon N. J. Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation / N. J. Gordon, D. J. Salmond, A. F. M. Smith // IEE Proc. F (Radar and Signal Process.). — Apr. 1993. — Vol. 140, No. 2. — P. 107–113. — DOI : [10.1049/ip-f-2.1993.0015](https://doi.org/10.1049/ip-f-2.1993.0015).

Поступила в редакцию ?